

Рис. 4. Залежність перепаду тиску між входом та виходом вимірювального газопроводу від його діаметру.

Розраховане значення є таким, що досить легко виміряти та ідентифікувати процес початку конденсації. Крім того, зазначений метод надасть змогу ідентифікувати початок утворення як рідкої так і твердої фази компонентів природного газу.

В порівнянні з традиційними методами ідентифікації [1,2] процесу початку конденсації приведений забезпечує: відсутність впливу параметрів потоку газу на можливість ідентифікації процесу конденсації; відсутність залежності отриманого сигналу від стану конденсаційної

поверхні; можливість ідентифікації процесів конденсації декількох компонентів з розділенням їх за ознакою різної густини; можливість визначення агрегатного стану компонентів, що утворились на конденсаційній поверхні.

За результатами розрахунку можна стверджувати про принципову можливість використання зазначеного методу для ідентифікації процесу конденсації компонентів природного газу. Крім того, є можливість ідентифікувати кожен компонент за його густиною, що дозволить розрізняти процес утворення рідкої (конденсація), або твердої (кристалізація) фаз компонентів.

Список літератури: 1. ГОСТ 20060-83. Газы горючие природные. Методы определения содержания водяных паров и точки росы влаги // М.: Изд-во стандартов. – 1984 – с. 20. 2. А. Лур'є, В. Плехоткин, М. Ткаченко, О. Швейкін. Досвід промислової експлуатації вимірювачів вологості газу на магістральних газопроводах України // Збірник присвячений 50-річчю Шебелинського родовища. – 2008 – с.32-36. 3. Швейкін О. Л. Інструментальне визначення температур утворення рідкої та твердої фази компонентів природного газу в автоматичному режимі // Метрологія та прилади. – 2008. – №4 – с. 18-20. 4. Зарембо К. С. Справочник по транспорту горючих газов // Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной аппаратуры, Москва – 1962 – с. 887.

Поступила в редколлегию 01.10.2010

УДК 681.523 (075.8) :681.513.3

Г.И. КАНЮК, докт. техн. наук, доц., УИПА, Харьков, Украина

М.А. ПОПОВ, ведущий инженер, Алчевский металлургический комбинат,

И.К. КИРИЧЕНКО, докт. техн. наук, проф., УИПА, Харьков

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТУРБОКОМПРЕССОРНЫХ АГРЕГАТОВ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

У роботі сформульовано основні напрями рішення поставленої науково-технічної задачі в області доменної виплавки чавуну. А саме: підвищення якості чавуну, що виплавляється, раціональна організація і максимальна автоматизація технологічного процесу, зниження витрат енергії і палива на випуск продукції.

В работе сформулированы основные направления решения поставленной научно-технической задачи в области доменной выплавки чугуна. А именно: повышение качества выплавляемого чу-

гуна, рациональная организация и максимальная автоматизация технологического процесса, снижение затрат энергии и топлива на выпуск продукции.

Доменная выплавка чугуна является одним из наиболее сложных и энергоемких видов производств. При этом, в научно-техническом плане, важными и актуальными всегда были и остаются три основные задачи:

- рациональная организация и максимальная автоматизация технологического процесса;
- повышение качества выплаваемого чугуна;
- снижение затрат энергии и топлива на выпуск продукции.

Решение этих задач осуществляется, в значительной степени, разработкой и внедрением эффективных систем автоматического управления как отдельными технологическими процессами, так и комплексных АСУТП доменным производством.

Интенсивность и эффективность процесса доменной выплавки и качество выплаваемого чугуна в значительной степени зависят от стабильности расхода воздуха, подаваемого на колошник турбокомпрессорными агрегатами. Эта стабильность обеспечивается электрогидравлическими системами автоматического регулирования (ЭГСР), которые поддерживают постоянный заданный расход воздуха при изменении давления на колошнике путем соответствующего изменения частоты вращения турбины.

Стабильность расхода воздуха, подаваемого в доменную печь, обеспечивает равномерность опускания шихты в шахте и соответствующий оптимальный режим пресса выплавки чугуна. При отклонениях фактического значения расхода воздуха от заданного режимного значения нарушаются оптимальные режимы плавки, и для поддержания требуемой температуры в печи необходимо увеличивать расход кокса. При этом снижается КПД процесса и возрастает себестоимость выплаваемого чугуна (в структуре его себестоимости порядка 40% составляет стоимость кокса). Норма расхода кокса на тонну выплаваемого чугуна составляет 490 кг при номинальном значении расхода воздуха (стоимость одной тонны кокса составляет 1870 грн. в ценах 2010 г.). В печах без микропроцессорных электронно-гидравлических регуляторов отклонения значений расхода составляют до 8-10%. При этом расход кокса и себестоимость чугуна повышаются в соответствующем отношении. При среднегодовой производительности домны объемом 3000 м³ до 2 млн. т. чугуна, дополнительные затраты, связанные с нарушениями режима плавки из-за неравномерности подачи воздуха, составляют до 150 млн. грн. в год. В печах с типовыми микропроцессорными электрогидравлическими регуляторами отклонения значений расхода воздуха составляют до 3-5%. При этом годовое снижение дополнительных затрат на выплавку чугуна составляет до 100 млн.грн. В существующих ЭГСР обычно используются традиционные промышленные ПИД-регуляторы, формирующие закон управления регулирующими клапанами турбины на основе информации об отклонении фактического расходов от заданного значения, а также производной и интеграла от отклонения. Традиционные ПИД-регуляторы обладают высокой чувствительностью к изменениям параметров САР и объекта и не обеспечивают адаптивной самонастройки коэффициентов регулятора. Поэтому при изменении параметров системы в процессе эксплуатации точность поддержания заданного расхода воздуха значительно уменьшается, что приводит к снижению интенсивности и эффективности процесса плавки, ухудшению качества чугуна. Анализ экспериментальных характеристик САР показал, что в процессе эксплуатации может иметь место двух-трех кратное снижение их точности за счет изменений параметров технологической системы, которые не отслеживаются регуляторами. При этом отклонение расхода воздуха от заданного значения может составлять 6-8%, а дополнительные затраты кокса – 30-40 кг на тонну выплаваемого чугуна (в денежном

выражении – 56-65 грн. в ценах 2010 г.). Для домны объемом 3000 м³ с производительностью 2 млн.т. чугуна в год дополнительные издержки составляют, соответственно, 112-130 млн. грн. в год. При общем количестве чугуна выплавляемого в Украине, порядка 30 млн.т. в год, экономический эффект от создания и внедрения прецизионных САР турбокомпрессорных агрегатов, способных обеспечивать гарантированное поддержание точности регулирования расхода воздуха в процессе эксплуатации, может составить порядка 1 млрд. грн. в год.

Типовая существующая схема ЭГСР производительности турбокомпрессоров [1] приведена на рис.1.

Она включает электронный задатчик величины регулируемого расхода (ЗР), аналоговый регулятор расхода с импульсным выходом (РР), реализующий пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) закон управления, электронный блок управления (БУ), параллельные контуры гидравлического (РСГ) и электрогидравлического (ЭГП) регуляторов скорости вращения турбины (Т) и связанного с ней компрессора (К), подающего сжатый воздух в доменную печь (ДП). Регуляторы скорости включают электроприводы с тиристорными усилителями (УТ) и электродвигателями (ЭД), которые посредством механической передачи «винт-гайка» управляют положением золотников, обеспечивающих соответствующее перемещение гидравлических сервомоторов, связанных посредством рычажных передач с регулирующими клапанами турбины (РК).

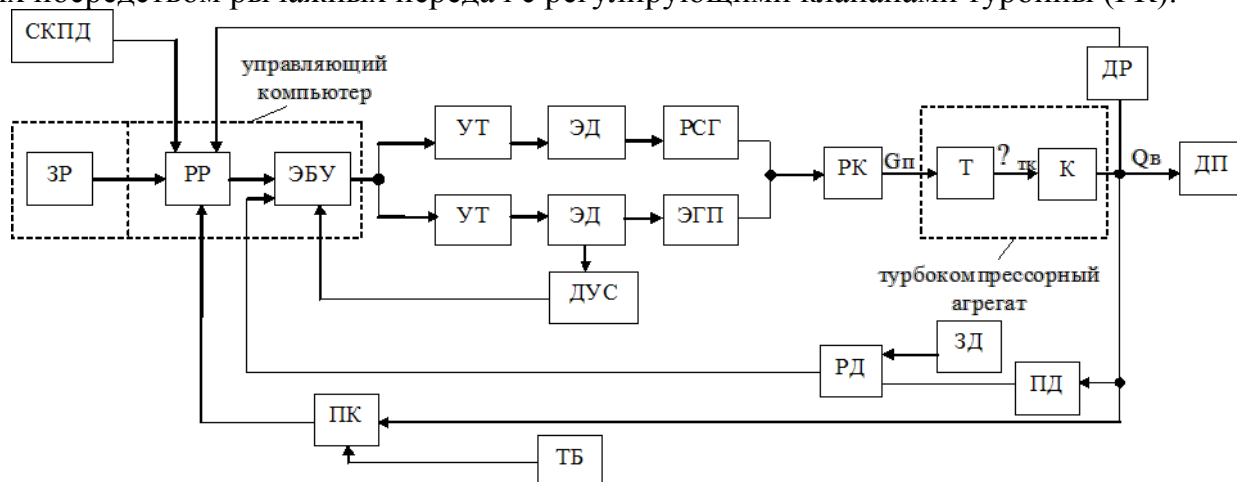


Рис.1 Функциональная схема САР производительности турбокомпрессорного агрегата
ЗР – задатчик величины регулируемого расхода; РР – регулятор расхода (аналоговый регулируемый блок с импульсным выходом); ЭБУ – электронный блок управления; УТ – усилитель тиристорный; ЭД – электродвигатель; РСГ – регулятор скорости гидродинамический; ЭГП – электрогидравлический привод; РК – регулирующие клапаны; Т – турбина; К – компрессор; ДП – доменная печь; ДР – датчик расхода; РД – регулятор давления нагнетания сжатого воздуха; ЗД – задатчик величины предельного давления сжатого воздуха; ПД – преобразователь импульса по давлению сжатого воздуха; ПК – преобразователь коррекции по температуре и давлению наружного воздуха; ТБ – термобаллон; СКПД – система компенсации потерь дутья

Электрогидравлический контур управления включает внутреннюю обратную связь по угловой скорости электродвигателя с датчиком угловой скорости (ДУС). Главная обратная связь организована по расходу воздуха во всасывающем тракте компрессора при помощи датчика расхода (ДР), который включает диафрагму, манометры и преобразователь давления (см. рис. 1). В качестве дополнительных систем используются: регулятор давления сжатого воздуха (РД), включающий задатчик величины предельного давления

(ЗД) и импульсный преобразователь давления (ПД); система компенсации потерь дутья (СКПД).

В модернизированном варианте САР (модернизация проведена в 2005 г.) используется микропроцессорный вариант электронной части системы управления (на базе управляющего компьютера).

Такая схема имеет следующие очевидные недостатки. Во-первых, измерение регулируемой величины (расхода воздуха) осуществляется не на выходе, а на входе компрессорного агрегата (на тракте всасывания). В процессе сжатия воздух существенно изменяет свою плотность и, при сохранении общего массового расхода, объемный расход нагнетаемого воздуха (регулируемая величина) на выходе из агрегата может значительно отличаться от входного (измеряемого) значения. Во-вторых, используется достаточно грубая система измерения расхода воздуха (диафрагма, манометры и преобразователь перепада давления). Такая система может иметь погрешность до 3-5%, что уже само по себе превосходит требуемую точность САР. Хотя, в настоящее время имеются достаточно точные системы измерения расхода [2] (в частности, роторные счетчики расхода могут обеспечивать погрешность измерения менее 1%). В-третьих, между сервомотором и траверсой с регулирующими клапанами установлена достаточно сложная рычажная система, предназначенная для увеличения усилия сервомотора, передаваемого на траверсу с регулирующими клапанами. Такая система содержит упругие звенья и люфтовые соединения, которые существенно снижают точность регулирования. В-четвертых, для перемещения золотника, управляющего гидравлическим сервомотором, используется тиристорный электропривод с механической передачей «винт-гайка» (для преобразования вращательного движения электродвигателя в поступательное перемещение золотника). Такой привод является громоздким, инерционным и, сам по себе, обладает значительной погрешностью. О некоторых недостатках используемых в ЭГСР традиционных ПИД-регуляторов уже говорилось выше. Кроме того, такие регуляторы не обеспечивают компенсацию астатизмов выше первого порядка, не компенсируют отрицательного влияния на точность регулирования нелинейных характеристик объекта управления и исполнительных механизмов самой САР. Указанные недостатки существенно ограничивают возможности повышения точности САР расхода воздуха, и их устранение представляет собой важную и актуальную научно-техническую задачу, решение которой обеспечит повышение экономической эффективности технологического процесса доменной выплавки чугуна и качества выплавленного металла.

Выводы.

Исходя из выполненного анализа состояния рассматриваемой проблемы и результатов существующих научных исследований и практических инженерных решений в этой области, сформулированы следующие основные направления решения поставленной научно-технической задачи.

1. Усовершенствование конструкции исполнительного механизма ЭГСР путем замены инерционной и громоздкой системы электропривода основного золотника пропорциональным сервоклапаном с электрическим управлением, а также обеспечения непосредственной связи штока гидравлического сервомотора с системой регулирующих клапанов за счет повышения давления в гидросистеме (и, соответственно, усилия на штоке) и исключение сложной механической передачи между штоком сервомотора и траверсой. Известные разработки и исследования [3] подтвердили практическую эффективность таких ЭГСР и возможность обеспечения высокой точности управления с их использованием.

2. Синтез прецизионного регулятора для ЭГСР на основе современных методов теории управления: мультипликативного и модального управления, обратных задач динамики

ки, компенсации отрицательного влияния нелинейных характеристик объекта управления и исполнительного механизма. Такие методы синтеза эффективно использовались, в частности, авторами при решении задачи повышения точности и быстродействия ЭГСП частоты и мощности паровых турбин тепловых и атомных электростанций [4-11].

По предварительным оценкам, реализация предложенных направлений позволит повысить точность САР производительности турбокомпрессорных агрегатов доменных печей с 3-5 до 1-1,5% (в два – три раза), и обеспечить экономический эффект в металлургической промышленности Украины порядка 1 млрд. грн. в год.

Список литературы: 1. Эльцуфин М.А. Монтаж, наладка и ремонт турбокомпрессорных и турбогенераторных установок / М.А. Эльцуфин, А.П. Пилицын.- М.-Л.: Машгиз, 1960.- 340с. 2. Способы измерения и аппаратура. Кн.2 / Измерения в промышленности. Справ. Изд. В 3-х кн. // Под. Ред. Профоса П. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1990.- 384с. 3. Канюк Г.И. Модели и методы структурного и параметрического синтеза прецизионных электрогидравлических следящих систем автоматизированных испытательных стендов: диссертация на соискание научной степени д-ра техн. наук: спец. 05.13.07/ Г.И. Канюк. – Харьков, 2009. 605с. 4. Канюк Г.И. Перспективы использования электронно-гидравлических устройств в современных энергоресурсосберегающих технологических системах / Г.И. Канюк.- Вестник Харьковского государственного политехнического университета.- Харьков.- 1999.- Вып. №44.- с. 39-40. 5. Канюк Г.И. Повышение качества технических характеристик системы автоматического регулирования частоты и мощности (САР Ч и М) паровых турбин / Г.И. Канюк.- Совершенствование турбоустановок методами математического и физического моделирования. Сборник научных трудов Института проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины.- Харьков.- 2003.- т.1.- с. 55-58. 6. Канюк Г.И. Моделирование и анализ технических характеристик электрогидравлической системы автоматического регулирования частоты и мощности (САР Ч и М) паровых турбин/ Г.И. Канюк, В.А. Кострыкин, Е.Н. Близниченко.- Вестник Национального технического университета «ХПИ». Тематический юбилейный вып.6 «Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование».- Харьков.- 2005.-с.113-123. 7. Канюк Г.И. Синтез прецизионного быстродействующего регулятора электронно-гидравлического контура управления положением регулирующих клапанов паровых турбин / Г.И. Канюк, Е.Н. Близниченко.- Энергетика и электрификация.- Киев.- 2005.- №8.-с.52-55. 8. Канюк Г.И. Результаты экспериментальных исследований электрогидравлической системы автоматического регулирования частоты и мощности (САР Ч и М) паровых турбин атомных электростанций/ Г.И. Канюк, Е.Н. Близниченко, Г.М. Рудницкий, В.А. Кострыкин.- Энергетика и электрификация.- Киев.- 2005.- № 12.-с.16-18. 9. Канюк Г.И. Об увеличении эксплуатационной надежности и безопасности главных паропроводов при повышении качества электрогидравлических систем автоматического регулирования паровых турбин/ Г.И. Канюк, Е.Н. Близниченко.- Восточно-Европейский журнал передовых технологий.- Харьков.-2005.-Вып.3/2 (27).-с.149-152. 10. Канюк Г.И. Влияние качества системы автоматического регулирования частоты и мощности паровых турбин на эксплуатационную надежность и безопасность энергоблоков АЭС/ Г.И. Канюк, С.Ф. Артюх.- Збірник наукових праць Донецького національного технічного університету. Серія „Електротехніка і енергетика”.- №8(140).-2008.- с.90-91. 11. Канюк Г.И. Быстродействующие прецизионные электрогидравлические следящие системы (ЭГСС). Основы теории. Разработка. Исследования/ Г.И. Канюк.- Харьков: Издательство НТМТ, 2008.-109 с.

Поступила в редколлегию 01.10.201

УДК 504.7

А.А. КАСАТКИН, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ», г. Харьков
В.Н. КЛИМЕНКО, канд. физ-мат. наук, доц., УИПА, Харьков